

Evolution und bedingtes Lernen

Tilman Slembeck

Zusammenfassung

Im ökonomischen Standardmodell werden Lernprozesse nur rudimentär erfasst, obwohl sie zentral sind, um die evolutive Dynamik des wirtschaftlichen Geschehens zu erklären. Die nachfolgend diskutierten evolutiven und lerntheoretischen Ansätze modellieren Lernen zwar expliziter, beruhen aber auf impliziten und empirisch nicht fundierten Annahmen hinsichtlich der Bedingungen von Lernprozessen. Der Ansatz des bedingten Lernens schließt diese Lücke, indem er verschiedene Dimensionen von Lernbedingungen berücksichtigt und damit die eigentlichen Voraussetzungen für Lernprozesse offenlegt und die Analyse auch für empirische Beobachtungen öffnet.

Keywords: *Erwartungslernen, Lernen, Lernprozesse, Experimentelle Verhaltensforschung, Verstärkungslernen*

1 Einleitung

Veränderungs- und Anpassungsprozesse sind ein zentrales Thema der Evolutorischen Ökonomik. Sie teilt dieses Interesse mit neueren Ansätzen, welche das Lernen von Individuen und in Populationen zu modellieren versuchen. Motivation ist einerseits die Modellierung jener dynamischen Anpassungsprozesse, welche in der traditionellen Theorie als Rechtfertigung eines statischen Gleichgewichtskonzepts vorausgesetzt werden. Andererseits geht es um die Selektion von Gleichgewichten in Modellen mit mehreren Gleichgewichten (z. B. rationale Erwartungsgleichgewichte oder Nash-Gleichgewichte).

Im Folgenden wird zunächst dargestellt, wie das Phänomen Lernen in den beiden genannten Richtungen aufgefasst wird und welche Berührungspunkte bestehen. Anschließend wird im Rahmen des Ansatzes bedingten Lernens (contingent learning approach) die Bedeutung von Lernbedingungen diskutiert. Dabei wird deutlich, dass sowohl die traditionellen Modelle als auch evolutive und lerntheoretische Ansätze implizite und empirisch nicht fundierte Annahmen hinsichtlich der Bedingungen von Lernprozessen treffen, die nicht nur 'unrealistisch' sind, sondern den Anwendungsbereich und die Anwendungsvoraussetzungen des Gleichgewichtsansatzes im Dunkeln lassen. Ziel des Ansatzes bedingten Lernens ist einerseits eine reichhaltigere Modellierung von Lernprozessen im Hinblick auf Anwendungen und andererseits eine empirisch fundierte Diskriminierung zwischen den in der Literatur vorgeschlagenen Lernmechanismen.

2 Evolution und Lernen

In Anlehnung an das biologische Evolutionsmodell, bei dem die drei grundlegenden Mechanismen Variation, Selektion und Bewahrung aktiv sind, werden wirtschaftliche Veränderungs- und Anpassungsprozesse als prinzipiell offen verstanden. Veränderungen ergeben sich aus zufälligen Variationen oder Mutationen, welche durch die jeweilige Umgebung selektiert werden, so dass nur in die Umgebung 'passende' Mutanten überleben und damit bewahrt werden. In einem solchen Modell könnte Lernen als Versuchs-Irrtums-Prozess auf Ebene der Population aufgefasst werden. Ein entscheidender Unterschied zu eigentlichen Lernmodellen ist aber, dass das lernende Subjekt im Falle eines Irrtums, d. h. Misserfolgs, ausscheidet und Information über Misserfolge selbst nicht weitergeben kann. Informationen über Erfolge werden ausschließlich durch

Weitergabe erfolgreicher Gene an die Nachkommenschaft übermittelt und bewahrt.

Im Hinblick auf Lernprozesse zeichnet sich ein solcher Ansatz somit nicht nur dadurch aus, dass Individuen selbst nicht lernen können, sondern auch, dass damit aktives Lernen unmöglich wird. Verhalten wird auf zufällige Mutation und passive Adaption reduziert. Überträgt man das einfache evolutive Modell auf wirtschaftliche Akteure, wird augenscheinlich, dass Eigenschaften, welche für menschliches Verhalten konstitutiv sind – wie Kognition, Beobachtung, Kommunikation, Invention oder Kreativität – ausgeblendet werden.

Dies gilt weitgehend auch für evolutive Lerntheorien, bei denen Individuen als 'Typen' fix auf ein bestimmtes Verhalten oder eine Strategie vorprogrammiert sind. Die Population besteht aus Individuen, welche jeweils einem Typus angehören. Individuen treffen zufällig aufeinander und 'verhalten' sich dabei gemäß ihrem Programm. Jene Individuen bzw. Typen, die aus dem Zusammentreffen eine höhere Auszahlung erhalten als andere, erhöhen dadurch ihre relative Reproduktionsfähigkeit bzw. geben ihren Typus mit höherer Wahrscheinlichkeit an die nächste Generation weiter. Das Interesse gilt hier vornehmlich der Frage, welche 'Verhaltensweisen' oder Strategien langfristig auf Ebene der Population überleben, und ob bzw. welche (Nash-) Gleichgewichte sich aufgrund des Prozesses rechtfertigen lassen. Imitation, Kommunikation und Invention werden dabei in Analogie zum naturwissenschaftlichen Modell durch Reproduktion, Crossover und Mutation abgebildet (vgl. Dawid, 1999), während eigentliche Kognition ausgeblendet bleibt.

Lerntheorien im engeren Sinne modellieren im Gegensatz dazu das Lernverhalten auf Ebene der Individuen selbst. Die größte Beachtung haben in der Literatur – neben dem rationalen Lernen, welches auf dem Bayes'schen Mechanismus beruht – bisher v. a. das aus der Psychologie stammende Verstärkungslernen (reinforcement learning) und verschiedene Formen des erwartungsbasierten Lernens (belief-based learning) gefunden.

Beim Verstärkungslernen lernt das Individuum im Rahmen eines stochastischen Entscheidungsprozesses aufgrund des Erfolges oder Misserfolges seines eigenen Verhaltens in der Vergangenheit, indem erfolgreiches Verhalten mit höherer Wahrscheinlichkeit wiederholt wird als erfolgloses Verhalten (vgl. Wiering/van Otterlo, 2012, für eine Übersicht). Für diese Art von Lernen ist charakteristisch, dass das Individuum über keinerlei Informationen bezüglich des Verhaltens oder Erfolges anderer Individuen verfügt bzw. zu verfügen braucht. Wie das evolutive Lernen, ist das Verstärkungslernen nicht-kognitiv, weil die Verhaltensänderung lediglich aufgrund eines Reiz-Reaktions-Mechanismus erfolgt. Aus diesem Grunde ist Verstärkungslernen vollkommen unstrategisch, wird aber in der Literatur insbesondere zur Analyse spieltheoretischer Situationen verwendet (Erev/Roth, 1998). Empirische Evidenz aus Laborexperimenten zeigt, dass Verstärkungslernen die Daten in manchen dieser Situationen überraschend gut abbildet. Dies kann als Hinweis darauf gedeutet werden, dass anspruchsvolleres, strategisches Denken in gewissen Fällen durch simples Reiz- Reaktionsverhalten bzw. Verstärkungslernen – wie es auch bei Tieren beobachtbar ist – verdrängt oder überlagert wird.

Im Unterschied zum Verstärkungslernen ist es beim erwartungsbasierten Lernen notwendig, dass das lernende Individuum das Verhalten und/oder den Erfolg anderer an der Situation Beteiligter in der Vergangenheit kennt. Auf diesen Informationen basierend, werden Erwartungen über zukünftiges Verhalten anderer gebildet, welche ihrerseits die Basis für ein optimales Verhalten bei gegebenem Verhalten anderer bilden (z. B. das 'Best Reply' Lernen). Erwartungsbasierte Ansätze modellieren damit Lernen nicht nur auf Ebene des Individuums, sondern lassen auch kognitive und strategische Aspekte in einem gewissen Maß einfließen.

Inhaltlich konzentrieren sich die genannten Ansätze in erster Linie auf die Formulierung des Lernprozesses selbst. Dieser Fokus scheint vorerst nötig, wenn der Prozess durch ein formales Modell abbildbar sein soll. Aus Sicht der Verhaltensforschung bedeutet er aber die Reduktion auf eine Mechanik, welche nur unter bestimmten Bedingungen plausibel erscheint (vgl. Loewenstein, 1999, für einen Vergleich zwischen experimenteller Verhaltensforschung und experimenteller Ökonomie). Wie im nächsten Abschnitt dargelegt wird, ist die implizite Annahme nämlich, dass die

Lernumgebung hinsichtlich verschiedener Faktoren optimale Voraussetzungen bietet. Selbst in einfachen Anwendungen sind die Lernbedingungen häufig nicht so optimal wie dies theoretisch angenommen bzw. vorausgesetzt wird. Hierin mag auch ein Grund dafür liegen, dass die empirische Überprüfung von Lerntheorien in Laborexperimenten bisher keine einheitliche Evidenz für oder gegen bestimmte Lernmechanismen hervorgebracht hat (vgl. Slembeck, 1999a, und die dort zitierte Literatur). Einzig das rationale Lernen anhand des Bayes'schen Mechanismus scheint kaum durch empirische Daten gestützt zu werden, ist in manchen theoretischen Ansätzen aber nach wie vor aktuell (vgl. dazu kritisch Blume/Easley, 1995).

3 Bedingtes Lernen

Wie eingangs angedeutet, wird das (komparativ-)statische Gleichgewichtskonzept der Ökonomie traditionell durch evolutive oder individuelle Anpassungs- und Lernprozesse gerechtfertigt. Das Hauptargument sind marktliche oder evolutionäre Kräfte, die 'langfristig' dazu führen, dass ein unter gegebenen Bedingungen 'optimales' Gleichgewichtsverhalten im Sinne der jeweiligen Theorie resultiert. Dieses Argument wird gleichzeitig in Friedman'scher Tradition zur Verteidigung der Rationalitätsannahme verwendet, indem unterstellt wird, dass sich Individuen (oder Firmen) im Ergebnis so verhalten 'als ob' sie im Sinne der Theorie vollständig rational wären, wenn Evolution und/oder Märkte annahmegemäß wirken (zur sog. 'classic defense' vgl. Winter, 1987).

Grundlegend ist hierzu festzustellen, dass in traditionellen Modellen erstens nicht nur die Anpassungsprozesse selbst nicht modelliert werden, sondern dass zweitens die Voraussetzungen für solche Prozesse weder diskutiert noch auf eine empirische Basis gestellt werden. Am deutlichsten ausgeprägt ist dies vielleicht in Modellen mit rationalen Erwartungen, welche implizit einen vollständigen (d. h. systematischen und abgeschlossenen) sowie fehlerfreien Lernprozess voraussetzen und damit gleichzeitig weiteres Lernen ausschließen. Diese Grundhaltung der Neoklassik findet sich typisch bei Robert Lucas: 'Technically, I think of economics as studying decision rules that are steady states of some adaptive process, decision rules that are found to work over a range of situations and hence are no longer revised appreciably as more experience accumulates.' (Lucas, 1987, 218).

Die geschilderten Lerntheorien gehen insofern einen Schritt weiter, als sie den Lernmechanismus selbst spezifizieren. Wie die traditionellen Ansätze lassen aber auch sie die möglichen Ausprägungen verschiedener 'Lernumwelten' und damit der Lernbedingungen weitgehend außer Acht. Zwar unterstellen die Ansätze unterschiedliche Informationsbedingungen bzw. -anforderungen, doch erfassen sie damit nur einen Teil der relevanten Einflussfaktoren von Lernprozessen. Im Gegensatz hierzu betont der Ansatz bedingten Lernens (contingent learning approach; Slembeck, 1998) die Rolle der Lernbedingungen als situative Restriktionen für Anpassungs- und Lernprozesse auf Ebene des Individuums (vgl. auch Brenner, 1999). In Analogie zu Theorien beschränkter Rationalität – wo korrekter von bedingter Rationalität gesprochen werden sollte, weil die Akteure nicht eigentlich 'weniger' rational sind, sondern lediglich zusätzlichen kognitiven Restriktionen unterworfen sind, aber in deren Rahmen wiederum 'vollständig' rational entscheiden – treten hier zusätzliche Situationsbedingungen auf, von welchen angenommen werden kann, dass sie Lernprozesse maßgeblich mit beeinflussen. Ziel ist die Einführung von Theorieelementen, welche die Modellierung von Entscheidungssituationen und Lernprozessen erstens im Hinblick auf Anwendungen realistischer erscheinen lassen, und zweitens zusätzliche Kriterien zur Diskriminierung zwischen konkurrierenden Lernmechanismen und deren Anwendbarkeit liefern.

Ausgangspunkt ist die aus der psychologischen Literatur stammende und empirisch gut fundierte Feststellung, dass Entscheidungsprozesse aufgaben- und kontextabhängig verlaufen (contingent decision making; vgl. Payne et al., 1993). Analog dazu wird beim contingent learning davon ausgegangen, dass auch Lernprozesse systematisch durch situative Faktoren beeinflusst werden. Wie nachfolgend dargestellt, sind diese Faktoren für Lernprozesse überall dort relevant, wo die

simplifizierenden Modellannahmen, z. B. hinsichtlich Komplexität und der Verfügbarkeit von Informationen, im Hinblick auf Anwendungen aufgegeben werden müssen.

3.1 Komplexität von Situation und Aufgabe

Der Komplexitätsgrad auf Ebene individueller Entscheidungen ist in den meisten ökonomischen Modellen relativ gering. So stehen üblicherweise nur ein oder zwei Aktionsparameter (z. B. Preis oder Menge) und in Spielen selten mehr als drei Strategien, also Verhaltensmöglichkeiten, zur Verfügung. Ebenso ist die Anzahl der Attribute je Alternative in aller Regel sehr beschränkt. Eine große Zahl von Studien der psychologischen Verhaltensforschung (vgl. Payne et al., 1993, 34ff.) weist aber darauf hin, dass die reine Anzahl von Alternativen und deren Attributen Entscheidungs- und Lernprozesse entscheidend beeinflussen können. Auch zeigen empirische Arbeiten in der Spieltheorie, dass das Hinzufügen aus theoretischer Sicht 'irrelevanter' Strategien (z. B. weil diese durch andere Strategien dominiert sind) das Verhalten systematisch beeinflussen kann. Im Hinblick auf Anwendungen bedeutet dies, dass die vorgängige Eliminierung 'irrelevanter' Alternativen oder Aspekte der Situation seitens der Theorie – und damit die exogene Fokussierung auf den theoretisch relevanten Realitätsausschnitt – zu einer Reduktion der Komplexität führt, die möglicherweise relevante Aspekte tatsächlicher Lern- und Entscheidungsprozesse ausblendet. Auf Ebene der Lerntheorien bedeutet dies, dass Lernmechanismen, welche ihren empirischen Erklärungsgehalt auch bei erhöhter Komplexität beibehalten, tatsächliche Lernprozesse mit höherer Wahrscheinlichkeit erklären können. Eine Variation des Komplexitätsgrades (d. h. in der Regel eine Erhöhung gegenüber den traditionellen Modellen) kann somit nicht nur dazu dienen, Lernprozesse realistischer darzustellen, sondern auch zwischen konkurrierenden Mechanismen hinsichtlich ihrer Robustheit und externen Validität zu diskriminieren.

3.2 Dependenzgrad

Ein anderer Aspekt von Komplexität in einem weiteren Sinne ist, dass die Anzahl an einer Situation beteiligter Individuen den Grad der (Inter)Dependenz zwischen den Individuen und damit die individuellen Lernprozesse mit beeinflussen. So scheint Lernen in einem Markt mit atomistischer Struktur und homogenen Gütern vergleichsweise einfach, weil alle Beteiligten typischerweise Preisnehmer sind, und es somit nur einen Beobachtungsparameter, nämlich den Marktpreis, zu lernen bzw. zu prognostizieren gilt. Auch existiert häufig nur ein Verhaltensparameter in Form der angebotenen oder nachgefragten Menge. Im Vergleich dazu mögen selbst einfache Zwei-Personen-Spiele größere Anforderungen an Kognition und Lernen stellen, weil hier eine strategische Komponente hinzutritt.

Zwischen den beiden Extremen der einseitigen Dependenz (atomistischer Markt) einerseits und der zweiseitigen Interdependenz (Zwei-Personen-Spiel) andererseits liegt ein Kontinuum von Situationen, von welchen angenommen werden kann, dass sie rein aufgrund der Anzahl der Beteiligten höhere Anforderungen an die Lernenden stellen (z. B. Mehr-Personen-Spiele). In wieweit sich Entscheidungs- und Lernprozesse verändern, wenn die Anzahl der Beteiligten kontinuierlich steigt oder sinkt und welche Phasenübergänge dabei möglich sind (z. B. wenn die vollkommene Konkurrenz durch Ausscheiden von Marktteilnehmern in ein Polypol oder Oligopol 'umschlägt'), scheint bislang – zumindest experimentell – kaum untersucht worden zu sein. Die Analyse von Veränderungen des Dependenzgrades wirft nicht nur Licht auf das Anpassungsverhalten in praktisch relevanten Szenarien (z. B. kontinuierliche Marktaustritte in einem konjunkturellen Abschwung), sondern kann im Hinblick auf die Theorie auch zeigen, welche der in der Literatur vorgeschlagenen Lernmechanismen das Anpassungsverhalten in Phasenübergängen hinreichend abzubilden vermögen.

3.3 Verfügbarkeit von Informationen

Wie in Abschnitt 2 dargelegt, unterscheiden sich Lerntheorien hinsichtlich der Informationsanforderungen, welche an die Individuen gestellt werden. Dabei geht es insbesondere darum, ob einzig aufgrund eigener Erfahrung oder anhand von Beobachtung Anderer gelernt wird. Grundlegend ist aber auch die Frage, wie viel den Akteuren über die Situation selbst bekannt ist. Diese auch als strukturell bezeichneten Informationen umfassen alle Merkmale einer Situation in der Ausgangslage, d. h. ohne Informationen über andere Individuen und deren Verhalten. Ökonomische Standardmodelle setzen regelmäßig vollständige strukturelle Informationen voraus (z. B. hinsichtlich Handlungsraum und Auszahlungsfunktion). In lebensnahen Situationen ist augenscheinlich, dass diese Art von Information als Teil eines Lernprozesses erst gesammelt werden muss und möglicherweise nie vollständig zur Verfügung steht. Praktisches Lernen findet m. a. W. selten in wohldefinierten Handlungs- und Auszahlungsräumen statt und deren Erkundung ist Teil des Prozesses. Zwar befasst sich die Spieltheorie unter anderem mit strategischem Verhalten unter asymmetrischer Information, doch ist auch hier die grundsätzliche Struktur in aller Regel bekannt. Extremere (und möglicherweise realistischere) sind Spiele mit 'niedriger' Information (low information games; Slembeck, 1999b) oder Spiele, bei denen den Beteiligten nicht bewusst ist, dass sie ein Spiel spielen (zur sog. minimal social situation vgl. Coleman et al., 1990).

Eine Variante des Fehlens struktureller Information ist das Wissen um deren Fehlen, was auch als strukturelle Unsicherheit bezeichnet wird. Diese ist zu unterscheiden von strategischer Unsicherheit, welche in Situationen strategischer Interdependenz auftritt und auf fehlenden Informationen über das Verhalten anderer Individuen in der Situation beruht. Das Auftreten beider Arten von Unsicherheit ist in allen praktischen Lernzusammenhängen wahrscheinlich und beeinträchtigt den Lernprozess dahingehend, dass er mit mehr Misserfolgen verbunden ist und damit auch tendenziell verlängert wird.

Experimente scheinen darauf hinzuweisen, dass mangelnde strukturelle Information bzw. strukturelle Unsicherheit das Erlernen situativ optimalen Verhaltens stärker erschweren, weil die zugrundeliegende Struktur während des Lernprozesses möglicherweise nie vollständig bekannt wird, während strategische Unsicherheit in ihrer Bedeutung im Zeitablauf aufgrund der gesammelten Erfahrungen mit anderen Individuen deutlicher abnimmt.

Wie bei der Diskussion der Bedeutung von Komplexität geht es auch bei der Verfügbarkeit von Informationen nicht nur einfach darum, Situationen und Lernprozesse realistischer per se abzubilden, sondern Lernmechanismen unter 'mangelhafter' struktureller Information sowie bei Vorliegen struktureller und strategischer Unsicherheit bezüglich ihrer Prognosekraft und Robustheit zu vergleichen, um damit zu zusätzlichen Entscheidungskriterien auf Ebene der Theorie zu gelangen.

3.4 Quantität und Qualität des Feedback

Die wohl augenscheinlichste Einflussgröße für Lernprozesse ist das Feedback. So scheint Lernen ohne jede Rückmeldung über die Auswirkungen des Handelns oder Verhaltens kaum denkbar. In den meisten ökonomischen Modellen und auch Lerntheorien ist das Feedback häufig, unverzögert und unverzerrt, d. h. sofort und eindeutig auf bestimmtes Verhalten attribuierbar. Psychologen haben im Gegensatz dazu immer wieder darauf hingewiesen, dass Qualität und Quantität des Feedback dem theoretischen Ideal in der Praxis nur ausnahmsweise entspricht (vgl. Tversky/Kahneman, 1987). So ist das Feedback für Manager, Unternehmer oder Politiker typischerweise 'mangelhaft', weil (i) die Ergebnisse oft verzögert und nicht einer bestimmten Handlung zuordenbar sind, (ii) die Variabilität der Umwelt die Reliabilität des Feedback vermindert, v. a. wenn die Ergebnisse mit tiefen Wahrscheinlichkeiten verbunden sind, (iii) häufig keine Informationen über die möglichen Ergebnisse anderer als der tatsächlich ausgeführten Handlungen bestehen, und (iv) viele wichtige Entscheidungen selten oder einmalig sind, so dass geringe Lernmöglichkeiten bestehen. Modelle, die qualitativ und quantitativ 'mangelhaftem'

Feedback Rechnung tragen, sind zweifellos für viele Anwendungen realistischer. Lernmechanismen, die auch unter solchen wenig idealen Feedbackbedingungen beobachtbares Lernverhalten abzubilden vermögen, sind mit größerer Wahrscheinlichkeit in der Lage, tatsächliche Lernprozesse zu erfassen (externe Validität).

4 Schlussfolgerungen

Zusammenfassend lassen sich aus dem Gesagten folgende Punkte ableiten. Erstens greift der einfache Evolutionsmechanismus meist zu kurz, wenn er direkt auf menschliche Lernprozesse angewandt wird. Dies gilt auch für die gängigen Lernmechanismen, die in aller Regel ideale Lernbedingungen voraussetzen.

Zweitens erlaubt der Einbezug von Lernbedingungen als zusätzliche Variable eine reichhaltigere Modellierung und verbreitert damit die Anwendungsmöglichkeiten. Auf theoretischer Ebene geht es dabei nicht einfach um realistischere Modelle, sondern um eine bessere mikroökonomische (und auch empirisch abgestützte) Fundierung der dem Gleichgewichtsmodell implizit zugrundeliegenden Annahmen. So stellt sich die grundsätzliche Frage, ob und welche Gleichgewichte sich rechtfertigen lassen, wenn die Lernbedingungen nicht ideal sind. Damit werden m. a. W. auch die Grenzen und Anwendungsbedingungen des Gleichgewichtsansatzes ausgeleuchtet.

Drittens erlaubt es der Ansatz bedingten Lernens, Lernmechanismen hinsichtlich ihrer Robustheit und externen Validität zu vergleichen und empirisch zu testen. Für die experimentelle Forschung zum Thema Lernen und Evolution – und damit auch für die theoretische Weiterentwicklung in diesem Bereich – bedeutet dies, dass unterschiedliche Lernbedingungen als primäre Experimentalvariablen eingeführt und variiert werden können. Ausgehend von einer einfachen Situation mit idealen Lernbedingungen (wie sie typischerweise in der Literatur zu finden ist), werden in diesem Ansatz Komplexitäts- und Abhängigkeitsgrad, die Verfügbarkeit von Information sowie Qualität und Quantität des Feedback variiert (idealerweise unter *ceteris paribus* Bedingungen). Jene Lernmechanismen, die ihren Erklärungsgehalt auch unter 'mangelhaften', d. h. häufig auch realistischeren Lernbedingungen beibehalten, sind robuster und bilden tatsächliche Anpassungs- und Lernprozesse mit größerer Wahrscheinlichkeit ab.

Literatur

- [1] Blume, L. E./Easley, D. (1995), What Has the Rational Learning Literature Taught Us? In: Kirman, A. P./Salmon, M. (Eds.), *Learning and Rationality in Economics*, Oxford, Cambridge, 12-39.
- [2] Brenner, T. (1999), *Modelling Learning in Economics*, E. Elgar, Cheltenham.
- [3] Coleman, A. A./Coleman, A. M./Thomas, R. M. (1990), Cooperation Without Awareness – A Multiperson Generalization of the Minimal Social Situation, *Behavioral Science*, Vol. 35, 115-121.
- [4] David, H. (1999), *Adaptive Learning by Genetic Algorithms – Analytical Results and Applications to Economical Models*, Springer, Berlin.
- [5] Erev, I./Roth, A. E. (1998), Predicting How People Play Games: Reinforcement Learning in Experimental Games with Unique, Mixed Strategy Equilibria, *American Economic Review*, Vol. 88, No.4, 848-881.
- [6] Loewenstein, G. (1999), Experimental Economics from the Vantagepoint of Behavioral Economics, *Economic Journal*, Vol. 109 (February), F25-F34.
- [7] Lucas, R. E. (1987), Adaptive Behavior and Economic Theory, In: Hogarth, R. M./Reder, M. W. (Eds.), *Rational Choice – The Contrast Between Economics and Psychology*, Chicago, London, Chicago University Press, 217-242.
- [8] Payne, J. W./Bettman, J. R./Johnson, E. J. (1993), *The Adaptive Decision Maker*, Cambridge, Cambridge University Press.
- [9] Slembeck, T. (1998), *A Behavioral Approach to Learning in Economics – Toward an Economic Theory of Contingent*

Learning, University of Pittsburgh, Department of Economics, Working Paper No. 316.

- [10] Slembeck, T. (1999a), Learning in Economics: Where Do We Stand? – A Behavioral View on Learning in Theory, Practice and Experiments, University of St. Gallen, VWA Discussion Paper No. 9907.
- [11] Slembeck, T. (1999b), Low Information Games: Experimental Evidence on Learning in Ultimatum Bargaining, University of St. Gallen, VWA Discussion Paper No. 9903.
- [12] Tversky, A./Kahneman, D. (1987), Rational Choice and the Framing of Decisions, In: Hogarth, R. M./Reder, M. W. (Eds.), Rational Choice – The Contrast Between Economics and Psychology, Chicago, London, Chicago University Press, 67-94.
- [13] Wiering, M. / van Otterlo, M. (2012, Eds.), Contingent Learning, Volume 12 of Series on Adaption, Learning and Optimization, Springer, Berlin Heidelberg.
- [14] Winter, S. G. (1987), Comments on Arrow and on Lucas, In: Hogarth, R. M./Reder, M. W. (Eds.), Rational Choice – The Contrast Between Economics and Psychology, Chicago, London, Chicago University Press, 243-250.